



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECANICA ELÉCTRICA

Condiciones de operación del camión Caterpillar 793D, para
determinar el desgaste de neumáticos - Empresa Ruiz Maquinarias
E.I.R.L – Cajamarca.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Silva Vásquez, Néstor Oswaldo (ORCID: 0000-0002-0947-4726)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

CHICLAYO - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a mis padres, Selita y Grimaldo y hermanos ya que gracias a sus consejos y enseñanzas hicieron de mí una persona luchadora y perseverante, anteponiendo ante todas las cosas a Dios y sabiendo que con esfuerzo todo es posible.

Agradecimiento

El agradecimiento a todos y cada uno de los integrantes de esta prestigiosa Universidad Cesar Vallejo, empezando desde el área de servicios y a todos los profesionales que lo conforman, ya que gracias a ellos y a su esfuerzo se está logrando el objetivo de ser profesional.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Operacionalización.....	14
3.4. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	15
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.6. Procedimientos	16
3.7. Método de análisis de datos	17
3.8. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN.....	33
VI. CONCLUSIONES.....	37
VII. RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS	39
ANEXOS	41

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Especificación técnica</i>	12
Tabla 02. <i>Pesos aproximados</i>	13
Tabla 01. <i>Control del neumático en posición 1</i>	24
Tabla 02. <i>Control de neumático en posición 2</i>	25
Tabla 03. <i>Control de los neumáticos en posición 3 y 4</i>	26
Tabla 04. <i>Control de los neumáticos en posición 5 y 6</i>	28
Tabla 05. <i>Estadísticas de muestras emparejadas</i>	31
Tabla 06. <i>Correlaciones de muestras emparejadas</i>	32
Tabla 07. <i>Prueba de muestras emparejadas</i>	32

Índice de figuras

<i>Figura 01.</i>	Partes del neumático	6
<i>Figura 02.</i>	Designación dimensional neumático (Neumaticos. Normas de designación, s.f.)	8
<i>Figura 03.</i>	Designación neumáticos.....	9
<i>Figura 04.</i>	Designación neumáticos.....	9
<i>Figura 05.</i>	Profundidad – Cocada de neumáticos.	10
<i>Figura 06.</i>	TKPH de un neumático de denominación.....	10
<i>Figura 07.</i>	Identificación de neumático	11
<i>Figura 08.</i>	Especificación CATERPILLAR 793D	12
<i>Figura 09.</i>	Vista superior de los neumáticos y su numeración.	19
<i>Figura 10.</i>	Medida de presión de neumático	20
<i>Figura 11.</i>	Medida de presión de neumático NRO 2	20
<i>Figura 12.</i>	Medida de presión de neumático NRO 3 y 4.....	21
<i>Figura 13.</i>	Medida de presión de neumático NRO 5 y 6.....	21
<i>Figura 14.</i>	Medida de temperatura de neumáticos NRO 1	22
<i>Figura 15.</i>	Medida de temperatura de neumáticos NRO 2	22
<i>Figura 16.</i>	Medida de temperatura de neumáticos NRO 3 y 4	23
<i>Figura 17.</i>	Medida de temperatura de neumáticos NRO 5 y 6	23
<i>Figura 18.</i>	Influencia de la presión y temperatura en la medida de cocada de los neumáticos 1 y 2.....	30
<i>Figura 19.</i>	Tiempo de vida útil de un neumático según horas de rotación en las posiciones 1,2,3 y 4	30
<i>Figura 20.</i>	Desgaste vs Horas finales en posición	31
<i>Figura 21.</i>	Partes del parche y neumático	45
<i>Figura 22.</i>	Ubicación del parche	46
<i>Figura 23.</i>	Ubicación final del parche.....	47
<i>Figura 24.</i>	Raspado en zona del parche	47
<i>Figura 25.</i>	Limpieza de zona del parche	48
<i>Figura 26.</i>	Aplicación de cemento auto vulcanizante	48
<i>Figura 27.</i>	Fijación de parche a neumático	49
<i>Figura 28.</i>	Asignación de sensor a número de serie de neumático	50
<i>Figura 29.</i>	Sensor asegurado con cintillo.....	50
<i>Figura 30.</i>	Componentes en la instalación del receptor	51
<i>Figura 31.</i>	Instalación de receptor	51
<i>Figura 32.</i>	Fijación de soporte de antena.....	52
<i>Figura 33.</i>	Cableado de antena hacia receptor	52
<i>Figura 34.</i>	Cableado de datos hacia ControlScreen.....	53
<i>Figura 35.</i>	Pinout del conector Deutsch	53
<i>Figura 36.</i>	Conector Deutsh.....	54

Resumen

En el presente trabajo de investigación se analizó las condiciones de operación, para estudiar el desgaste de los neumáticos en un camión minero CAT 793 D de la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L. Ubicada en el departamento de Cajamarca.

El desarrollo del proyecto nos permitió evaluar las condiciones de trabajo con la que opera el camión minero, por medio de sus neumáticos; apoyándose en el sistema de monitoreo de este mismo, utilizando variables independientes como presión, temperatura, medidas de cocada y rotación por horas.

Logrando determinar la condición de operación y efectuar el análisis de variable dependiente del desgaste, por medio del desarrollo e interpretación de datos y cálculos de desgaste, como también la definición de la rotación factible por posición de los neumáticos y las horas de trabajo.

Finalmente, el análisis demuestra que la influencia de la temperatura y la presión de los neumáticos cuando tiene un flujo variable en estos afecta en su desgaste con mayor rapidez. Además, la interpretación de datos nos demuestra que la influencia de la rotación de neumáticos 1 y 2 a las 1727 horas de trabajo, beneficia en la vida útil y la utilización del neumático para las siguientes rotaciones.

Palabras Clave: Análisis, interpretación, desgaste de neumáticos, condición de operación.

Abstract

In this research work, operating conditions were analyzed to study tire wear on a CAT 793 D mining truck from the company Ruiz Maquinarias E.I.R.L. Located in the department of Cajamarca.

The development of the project allowed us to evaluate the working conditions with which the mining truck operates, through its tires; leaning on its monitoring system, using independent variables such as pressure, temperature, coking measurements and hourly rotation.

Being able to determine the operating condition and carry out the analysis of the dependent variable, through the development and interpretation of data and wear calculations, as well as the definition of the feasible rotation by position of the tires and the hours of work.

Finally, the analysis shows that the influence of tire temperature and pressure when it has a variable flow in tires affects their wear more quickly. Furthermore, the interpretation of data shows us that the influence of tire rotation 1 and 2 at 1727 hours of work, benefits the life and use of the tire for the following rotations.

Keywords: Analysis, interpretation, tire wear, operating condition

I. INTRODUCCIÓN

Considerando la vital importancia que tiene el rubro de la minería en nuestro país para el desarrollo socioeconómico óptimo; ya que este permite dinamizar la economía, para la cual es necesario metodología idónea para su desarrollo y crecimiento correcto, para ello se desarrollan áreas específicas las cuales brinden un soporte.

El trabajo de extracción de minerales es realizado empleando métodos usuales de explotación, empleando maquinaria especializada, en la flota de acarreo y transporte de material encontramos al camión gigante Caterpillar 793D, (estos camiones están equipados con neumáticos 40.00 R57); siendo este un equipo mecánico el cual está sujeto a múltiples exigencias las cuales aumentan las probabilidades de fallas; uno de sus principales problemas es el cambio de neumáticos, significando este en un elevadísimo costo, representando un 19% del costo variable del carguío y acarreo, contrarrestando esto enormemente en las ganancias obtenidas por la extracción de mineral.

Los neumáticos son componentes muy importantes para los camiones ya que estos constituyen el único punto de contacto del equipo con el suelo; por lo tanto, de este depende el comportamiento dinámico del equipo, es decir; de cómo se mueve el camión sobre el terreno ya que estas transmiten las fuerzas para su desplazamiento, viraje y frenado del equipo.

Del neumático también dependen otras funciones principales las cuales son: tracción, dirección, amortiguación de golpes, estabilidad, soporte de la carga; pero para que eso sea posible, el estado del neumático debe ser el correcto, sin cortes, grietas o deformaciones, y su presión de inflado debe ser la adecuada.

El motivo de esta investigación es establecer la relación que existe entre las condiciones mecánicas, humanas, con relación a la duración de los neumáticos del camión ya que este representa un alto costo en la producción.

En estudios pasados se determinó la influencia que tiene la rotación de los neumáticos según su posición, la influencia del mantenimiento preventivo y técnico en los neumáticos, cuidados a la banda de rodadura del neumático; en

esta investigación nos enfocaremos en la relación que tienen, en el cuidado del neumático, tales como (temperatura, presión, rotación de neumáticos), de esta manera evitar un desgaste prematuro del neumático.

Si no tenemos un control de estos en los parámetros recomendados, estaremos expuestos a desgastes prematuros en los neumáticos, paradas inesperadas por fallas en los mismos, posibles accidentes; lo cual nos conlleva a un incremento en los costos de producción, por ende, se vería afectada la empresa en activos económicos. Por este motivo se planteó el siguiente **problema de investigación** ***¿Cómo influyen las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D en el desgaste de los neumáticos en el proceso de carguío y acarreo en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L. – Cajamarca?***

Del cual tuvimos los siguientes **problemas específicos**:

- ¿Qué problemas internos y externos tiene influencia en el desgaste prematuro de los neumáticos del camión en minería?
- ¿Qué estrategias se debe tomar para, minimizar, controlar o eliminar los problemas internos y externos que influyen en el desgaste de los neumáticos?

Los resultados que se espera están expresados en el **objetivo general** el cual es: ***Analizar las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D, que influyen en el desgaste del neumático en el proceso de carguío y acarreo en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L. – Cajamarca.*** Para que este objetivo se logre planteamos los siguientes **objetivos específicos**:

- Determinar las condiciones de operación del neumático en el camión Caterpillar 793D, en la realización de sus actividades de acarreo y traslado en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L.
- Efectuar la medición de las condiciones de operación (temperatura, presión, rotación) del camión Caterpillar 793D, para establecer sus valores reales de operación.
- Determinar el desgaste del neumático (medida de cocada) del camión Caterpillar 793D en la realización de sus actividades de acarreo y traslado en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L.

- Calcular el tiempo de vida útil de un neumático del camión Caterpillar 793D al realizar sus actividades de acarreo y traslado en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L.

Este proyecto está justificado, ya que, la escasez de neumáticos gigantes en el mundo por la alta demanda de estos, la cual genera altos costos en operatividad; este proyecto ayudará en la mejora de estándares de operatividad de los camiones Caterpillar 793D, mejorando de esta manera la cantidad y ubicación de la carga, velocidad en el traslado, frenado y de esta manera mejorar la disponibilidad del equipo. Con el análisis de sus condiciones de operación reduciremos en una cantidad considerable el costo ya que este es elevado.

Este proyecto ayudara en la investigación de nuevas tecnologías para el aprovechamiento adecuado de los neumáticos de minería permitiendo de esta manera su uso racional.

Si enmarcamos un neumático en el plan medioambiental de una empresa y su debida certificación de esta, es necesario tener en cuenta una disposición adecuada de neumáticos usados, de esta forma si utilizamos mejor los neumáticos prolongando su vida, generando planes de mantenimiento, sensibilización al conductor, mejoras en conducción; solo entonces tendríamos menor disposición de estos, de tal forma, también una mayor responsabilidad con el medio ambiente.

Para la posible solución al problema se generó la siguiente hipótesis: ***Las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D influyen en el desgaste del neumático en el proceso de carguío y acarreo en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L. – Cajamarca.***

II. MARCO TEÓRICO

De este tema de investigación se encontraron los siguientes antecedentes nacionales e internacionales:

Paredes (2008, p. 50, 77) en la tesis denominada ***“La eficiencia en la vida útil de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930e-3”***, dentro de este el menciona los siguiente: determinar los rangos de tiempo en la cual se puede rotar los neumáticos gigantes en las posiciones uno y dos con el fin de obtener la mayor vida posible, en volquetes Komatsu (930e-3 y 930e-4), en la cual llego a una conclusión que rotando los neumáticos con 1800 horas en promedio obtenemos el 10,75% de incremento en la vida útil de los neumáticos con relación a la rotación de neumáticos a 1550 horas, lo cual nos proporciona un ahorro con relación al precio del neumático y la escasez de los mismos.

Heras (2010. p. 5, 136) en su tesis de grado denominada ***“Estudio del comportamiento dinámico de la banda de rodadura de un neumático”***, en el cual determina: las deformaciones sobre la banda de rodadura y el flanco, dividiendo la huella en zonas geométricas distintas e identificar los valores críticos de deformación en la pisada del neumático. Llegando a la conclusión que las medidas transversales sobre la banda de rodadura presentan compresiones más elevadas en las zonas cercanas a los flancos del neumático y hacia el lado exterior del neumático, lo contrario de las medidas longitudinales; así mismo, concluyo que el ángulo de caída en la mayor concentración de presiones en las bandas de rodadura y flancos más exteriores del vehículo, respecto de las geométricamente simétricas del interior del mismo. será esta zona, una zona de desgaste máximo del neumático.

Aguilar, Penabad y García (2016, p.) en el IX congreso cubano de ingeniería denominado ***“Influencia del mantenimiento técnico en el ciclo de vida del neumático”***, en la cual mencionan que: el desgaste no uniforme de la banda de rodadura y las causas por las que el neumático sale de la explotación cada día, en la cual demuestra la importancia que el control de las acciones de mantenimiento técnico, partiendo de la determinación del índice de desgaste y la forma en que se desgasta la banda de rodadura del neumático.

Blanco (2016); en su investigación titulada ***“Incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Toromocho – Chinalco PERU”***; en el cual menciona lo siguiente: como objetivo general incrementar la vida útil del neumático para reducir costos de operación en camiones mineros Caterpillar 797F de minera Chinalco – Perú; los principales resultados, el rendimiento mensual obtenido considerando todas las marcas utilizadas, consideraciones en la compra de neumáticos para el año siguiente; se concluyó que hubo una reducción de costos de producción ya que al controlar los factores internos y externos se logró incrementar la vida útil del neumático.

Ruíz (2018, p.20, 50) en su tesis titulada ***“Planificación del mantenimiento preventivo los neumáticos de la flota de tractocamiones para optimizar su disponibilidad de la empresa grupo TRANSPESA S.A.C.”***, dentro de su objetivo menciona: reconocer los indicadores que influyen en la gestión de neumáticos, establecer el costo por kilómetro de la flota y establecer el rendimiento de distintos tipos y marcas de neumáticos; se llegó a una conclusión que si aplicamos correctamente el programa de mantenimiento preventivo en neumáticos incremento la disponibilidad de la flota de 89% a 92%.

Este tema de tesis se sustenta en los conceptos como:

El neumático, es una pieza de caucho de forma toroidal, que no sólo soporta el peso del vehículo sino también su rozamiento con el piso. Estos constan de dos piezas, las cámaras que contienen aire a presión (no usadas por la mayoría de los neumáticos para automóviles convencionales) y la cubierta, la cual toma contacto con el suelo. Básicamente los factores que influyen en el desgaste de las cubiertas son: mala alineación, frenadas prolongadas, velocidades excesivas, presión de aire incorrecta, sometimiento a altas temperaturas, calzada irregular, sobrecarga, daños por impactos, fuego, líquidos corrosivos y demás condiciones mecánicas y de la conducción. (Puiggrós, 2016).

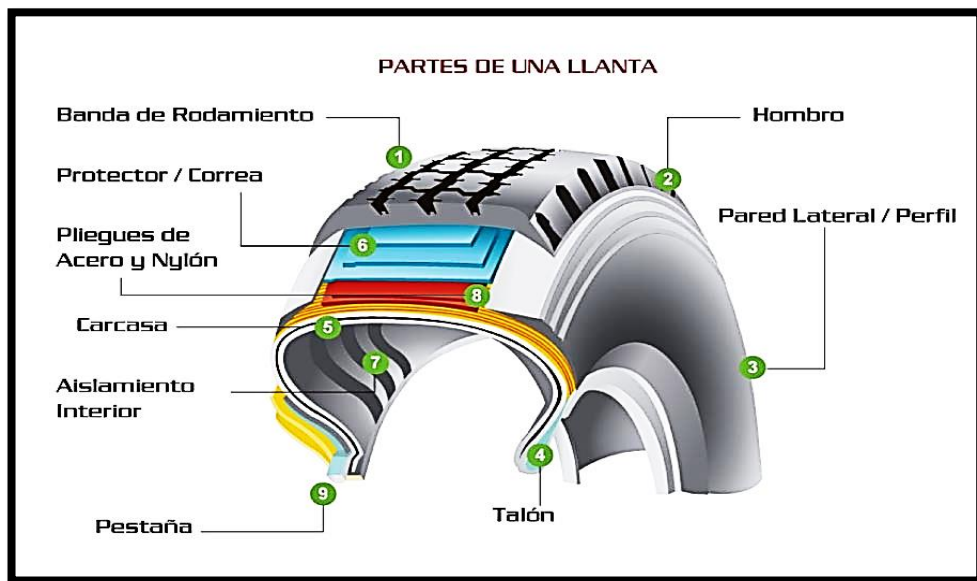


Figura 01. Partes del neumático

Los componentes esenciales de un neumático son el caucho (sintético, natural, regenerado), cuerdas de neumático (fibra natural de algodón, fibra sintética, orgánica, inorgánica), química (agente reforzador, gente vulcanizador). Estos componentes están presentes en los diversos tipos de neumáticos como:

Neumático macizo que consta de un apilado de gomas con distintas propiedades con el objetivo de darle la adherencia y tracción necesaria, usado generalmente en montacargas. Alguna de sus limitaciones por el uso constate son: rupturas, desgaste rápido (debido generalmente por el calentamiento de las gomas).

Neumático convencional que generalmente es de estructura diagonal, la cual consta de capas textiles de rayón o nylon, las cuales están cruzadas unas con las otras unidas por la mezcla de gomas. De acuerdo con la cantidad de cargas que llevará será el número de capas de nylon. En este tipo de neumáticos, las fricciones constantes que existe entre las capas provocan calentamiento las cuales son perjudiciales, causando deformaciones en la superficie de contacto con el suelo, la cual provoca un desgaste excesivo y una menor adherencia. Este tipo de estructura presenta una mayor sensibilidad a las perforaciones.

Neumático radial tiene tipo de estructura junta las capas metálicas con las textiles, las cuales van de un talón a otro, creando una cintura de lonas de acero las cuales refuerzan la banda de rodamiento; esto mejora las prestaciones de los neumáticos reduciendo el roce y el consumo de energía; esto mejora la adherencia, reduciendo el desgaste, y mejorando la resistencia a las perforaciones.

Neumático radial tubeless que presenta una construcción idéntica a los demás neumáticos, solo, que por dentro este lleva una capa de goma especial, la cual garantiza una estanqueidad total de aire en su interior. Este neumático se monta sin cámara sobre una llanta la cual está ya provista de una válvula especial y apropiada.

Según (Rollier, 2017) los tipos de gomas son: Tipo A4 que particularmente resistente a los cortes, arrancamiento y abrasión, Tipo A que particularmente resistente a los cortes, abrasión, arrancamiento y a velocidades más altas que el tipo A4, Tipo B4 que son resistentes a la abrasión y al calentamiento sobre suelos con poca agresividad, Tipo B que Resistente a sobrecalentamiento sobre suelos poco agresivos, Tipo C4 estos se adaptan a las altas velocidades en ciclos largos y Tipo C son muy resistente al calentamiento durante largos trayectos y rodaje intensivo.

Según (Bridgestone, 2020) tenemos para Movimiento de tierras entre las que encontramos 1A (Estándar), 2A (Resistente al corte) y 3A (Resistente al calor); además tenemos Grader que tiene 1A(Estándar) y 2A (Resistencia al corte); además hay Cargadores y Dozer que tienen 2A (Resistencia al corte), 2V*(Resistencia al corte especial) (Tipo "V") y 2Z*(Resistencia al corte especial) (Tipo "Z"); así también Industrial que solo tiene Estándar.

Causas que aumentan el deterioro prematuro de un neumático: Baja presión de inflado, este caso incrementa la flexión en los flancos lo cual conlleva a un aumento de temperatura interna del neumático; Sobre presión de inflado que genera un desgaste abrasivo en la banda de rodamiento, y está más absenta a cortes; la Sobrecarga es muy importante tener en cuenta esto ya que produce un desgaste acelerado de la banda de rodamiento, incremento

de la flexión del neumático y esto a su vez generar un incremento rápido en la temperatura del neumático. Otra causa es la Excesiva velocidad que provoca el aumento de la temperatura y desgaste prematuro del neumático, además la Fuerzas mecánicas que son generadas en curvas con muy bajo radio, suelos con mal mantenimiento, martilleo por mal estado de la vía y la Alta temperatura que puede generar una separación entre los elementos que componen el neumático, es la consecuencia de alguna de las causas enumeradas más arriba.

Algunos factores que influyen en la vida útil de un neumático son Temperatura interna del neumático en funcionamiento que generalmente sucede por su trabajo que realiza, calentamiento de los tambores de freno. Se considera una temperatura crítica, al límite a partir del cual el neumático está en peligro, esta temperatura crítica se admite cuando el aire del interior del neumático alcanza los 80°C.

Para caracterizar o designar a un neumático existen tres parámetros los cuales son: Geométricas (Ancho nominal de la sección transversal, coeficiente de forma o relación de aspecto, diámetro nominal de la llanta), estructura y constitución de los neumáticos (Tipo de estructura, con o sin cámara, indicación de refuerzos) y condiciones de utilización (velocidad, índice de carga, nieve o carretera común)

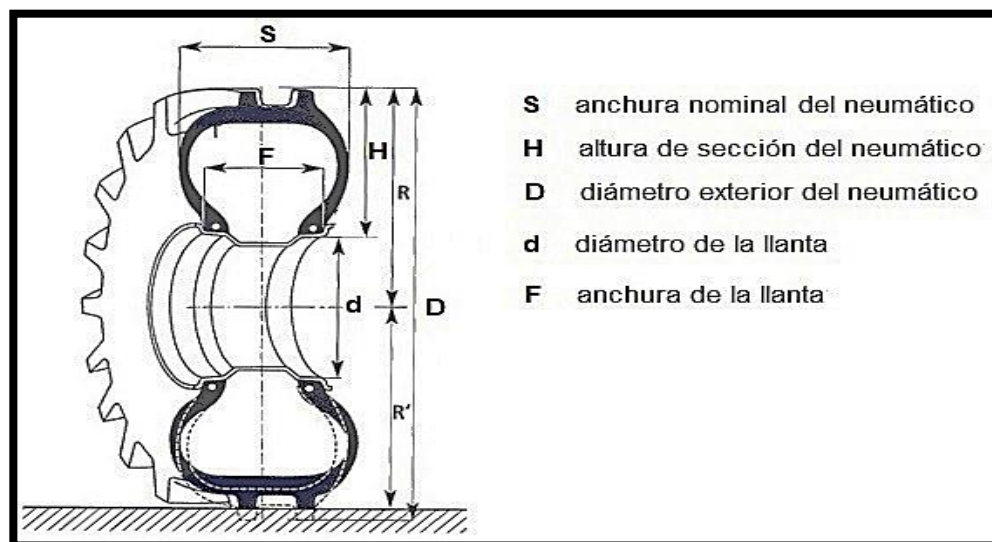


Figura 02. Designación dimensional neumático (Neumaticos. Normas de designación, s.f.)

Tamaño	Compuesto/Estructura	Número de catálogo	Con surcos/ Sin surcos	Código de industria	Capacidad de carga	Código de ancho de llanta	Código de altura del reborde
40.00R57	HV	MHV240	Con surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	WV	MWV240	Con surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	CV	MFV240	Con surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	H2	MH2240	Sin surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	W2	MW2240	Sin surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	C2	MF2240	Sin surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	HR	MHR240*	Con surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	WR	MWR240*	Con surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	CR	MFR240*	Con surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	H4	MH4240*	Sin surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	W4	MW4240*	Sin surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0
40.00R57	C4	MF4240*	Sin surcos	E-4	2*	29.00, 32.00	6.0

Figura 03. Designación neumáticos.

Tamaño	Diámetro exterior pulg. (mm)	Ancho de la sección pulg. (mm)	Profundidad de banda de rodamiento 32 ^{da} pulg. (mm)	Carga nominal en inflado lb a psi (kg a bar)	TMPH (TKPH)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	813 (1186)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	650 (949)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	488 (712)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	772 (1127)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	618 (902)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	463 (676)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	813 (1186)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	650 (949)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	488 (712)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	772 (1127)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	618 (902)
40.00R57	142,1 (3609)	43,2 (1097)	105/32 (83)	132,500 @ 105 (60,000 @ 7.3)	463 (676)

Figura 04. Designación neumáticos.

[CONAE] y Michelin (p 4 - 6): para la elección de un neumático hay que conocer los factores básicos para su elección ya que de esa manera no atenderíamos contra la seguridad y economía de la empresa ya que en el mercado existe una gran variedad de neumáticos otra para la minería a tajo abierto; de esta manera con una correcta elección obtendríamos su máximo potencial en vida útil.

Según (Rollier, 2017) lo describe en:

Etapa 1 - Definir su uso: Esta clasificación viene indicada en el flanco del neumático los cuales pueden ser: c: compactadora g: grader (motoniveladora) e: earthmoving (transporte) l: loader and bulldozer (cargadora y bulldozer).

Etapa 2 - Condiciones y naturaleza del suelo: Según (Rollier, 2017) la solución sería elegir neumáticos con formas y profundidades que sean

adecuadas para sus condiciones de utilización las cuales variaran su adherencia, desgaste apresurado o riesgos de cortes; ya que dependiendo de esto dependerá su rendimiento óptimo según su entorno.



Figura 05. Profundidad – Cocada de neumáticos.

Etapas 3 - Conocer su TKPH: Para una correcta selección de un neumático, debemos conocer su TKPH (Tonelada kilometro por hora), la cual es una característica esencial en su elección ya que esta nos indica su capacidad de trabajo; ya que para una misma dimensión de neumático existen variedades de gomas y cada una de ellas asociadas a un TKPH diferente; estos valores figuran entre las características de los neumáticos. Los TKPH dependen mucho también de las dimensiones de los neumáticos; lo cual nos permite un número de (km), y una temperatura ambiente normalizada de 38 °C.

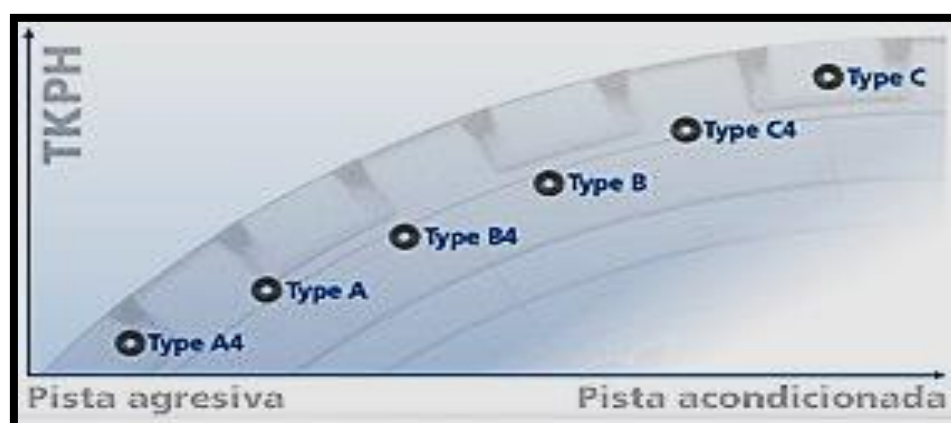


Figura 06. TKPH de un neumático de denominación.

La Identificación y unidad de neumático la podemos hacer mediante la Lectura de la escala carga/ presión, esta está dada de acuerdo con las condiciones de trabajo en las que será utilizada, siendo la presión adecuada determinada mediante el cálculo ayudándose de la información técnica de la máquina. Para poder trabajar en mejores condiciones se debe: pesar la maquina en el trabajo eje por eje; no sobrepasar el recorrido máximo/ hora que el neumático pueda recorrer.

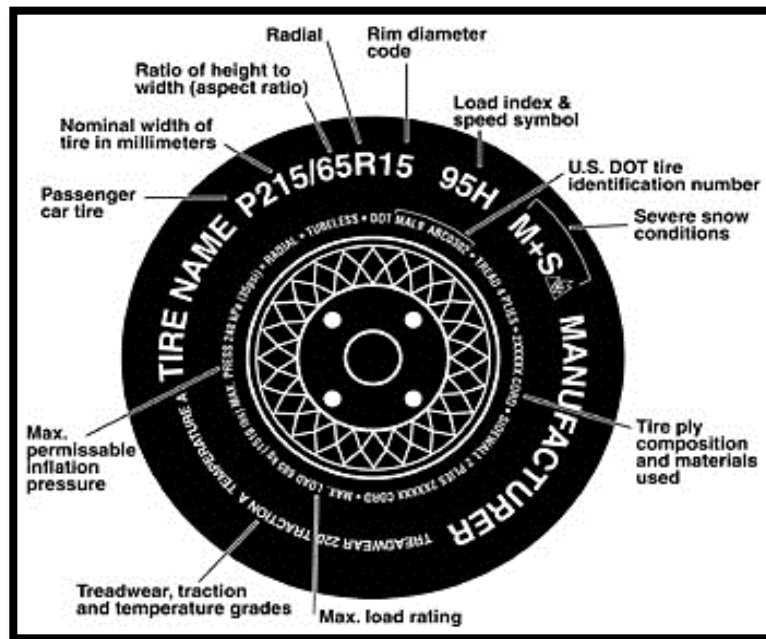


Figura 07. Identificación de neumático

Límite de utilización máxima económica del neumático, generalmente son condiciones nominales definidas por las normas internacionales las cuales están representadas por la escala carga/presión la cual permite la utilización económica de un neumático: (carga máxima para un óptimo rendimiento, mejor resistencia a las agresiones).

Transporte, la velocidad máxima de desplazamiento de un camión estará comprendida entre 30 y 50 km/h, escala en la cual el neumático no sufrirá daños. Esta escala también dependerá de la distancia de los ciclos de trabajo lo cual variará la velocidad en tanto se podrá variar la presión hasta en un 10% teniendo la misma carga con el fin de mejorar la vida y resistencia las agresiones de los neumáticos.

Especificación Camión CATERPILLAR 793 D



Figura 08. Especificación CATERPILLAR 793D

Tabla 01. Especificación técnica.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN	
Capacidad de carga útil nominal	218.0 toneladas métricas
Capacidad de la caja (SAAE 2:1)	129.0 m3
Velocidad máxima con carga	54.3 km/h
Capacidad de carga útil máxima	218.0 toneladas métricas
Angulo de dirección	36.0 grados
Tiempo de levantamiento (tolva)	20.3 segundos
Tiempo de bajada (tolva)	17.5 segundos
Diámetro de giro de espacio libre	32.66 m
Diámetro de giro delantero	28.42 m

Tabla 02. *Pesos aproximados*

PESO APROXIMADO CAMIÓN CATERPILLAR 793 D	
Peso en orden de trabajo bruto de la maquina (GMW)	383749.0 kg
Peso del chasis	116707.0 kg
Gama de los pesos de las cajas	21.795 – 54.431 kg
DISTRIBUCIÓN DEL PESO APROXIMADO	
Eje delantero: con carga	33.0 %
Eje trasero: con carga	67.0 %
Eje delantero: sin carga	46 %
Eje trasero: sin carga	54.0 %
NEUMÁTICOS	
Neumáticos estándar	40.00 R57

Otro concepto fundamental es sobre el Tire Assessment System (Sistema de Monitoreo de Neumático), es un sistema el cual está integrado por sensores de presión y temperatura que transmiten por señales de radio, el valor de las variables mencionadas a un receptor usualmente ubicado en cabina. Estas señales de radio, usualmente se consiguen en la frecuencia desde 315Mhz hasta 434MHZ.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. *Tipo de investigación.*

La presente investigación es aplicada ya que con esta se dio solución a una necesidad práctica, otorgando soluciones específicas, para otorgar durabilidad a los neumáticos en minería.

3.1.2. *Diseño de Investigación.*

Experimental, ya que se manipulo las variables de una forma controlada, y de esta manera se determinó el efecto que producen, en base a esto dimos respuesta al problema ***¿Cómo influyen las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D en el desgaste de los neumáticos en el proceso de carguío y acarreo en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L. – Cajamarca?***

Longitudinal; ya que se dio seguimiento al comportamiento de los neumáticos a través de sus parámetros de funcionamiento.

3.1.3. *Nivel de Investigación.*

Explicativo, ya que compararemos los valores reales de operación y los valores dados por el fabricante para determinar un óptimo desempeño del neumático.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables que se desprenden de la siguiente investigación son:

3.2.1. *Variable Independiente.*

Condiciones de operación del camión.

3.2.2. *Variable dependiente.*

Desgaste del neumático.

3.3. Operacionalización

Las tablas de operacionalización se pueden observar en el anexo 1.

3.4. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.4.1. Población.

La población utilizada para el análisis de investigación; se conformó con los camiones Caterpillar 793D en mina de los cuales se tuvo información de los parámetros de presión, temperatura y especificaciones técnicas de funcionamiento de los neumáticos.

3.4.2. Muestra.

Para la recolección de datos específicos se tomará como muestra la operación de los neumáticos de un camión en particular para comparar los valores reales de operación con las especificaciones y rangos dados por el fabricante”.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas.

- **Observación:** se utilizará para conocer de una mejor manera el equipo, reconociendo la ubicación exacta de los neumáticos y conocer sus puntos críticos.
- **Revisión documentaria:** historial del equipo, con esto podremos conocer de forma más detallada las fallas más frecuentes que tienen los neumáticos.
- **Entrevistas:** se aplicará un cierto número de ellas a los operadores y al personal de mantenimiento para determinar las fallas más frecuentes y condiciones en las que está operando.
- **Cuestionario:** se realizará una serie de preguntas al operador para conocer el estado del camión en su operación en tiempo real.

3.5.2. Instrumentos.

- **Ficha de recolección de datos:** se utilizará para el historial de los equipos y revisión de parámetros.
- **Documento de estado de equipo:** para conocer la fiabilidad del equipo y su estado en el que opera.

- **Programa TAS (sistema de monitoreo neumático):** el cual nos permite saber en tiempo real la presión y temperatura de cada neumático.

3.6. Procedimientos

El procedimiento utilizado fue el siguiente:

Revisión de la literatura: esta nos revelo que la rotación de los neumáticos es muy importante ya que este habito prolonga la vida de la banda de rodamiento del neumático, el cual no es relevante mantener el sentido de giro del neumático. Al instalarse los neumáticos nuevos debe hacerse en el eje delantero, estos deben ser rotados a los ejes motrices antes de alcanzar un desgaste de entre 40 o 50 milímetros de la banda de rodamiento, y luego rotarlos nuevamente al alcanzar los 30 milímetros y retirados al alcanzar los 16 milímetros para su rencauche.

La rotación de llantas se realizó de la siguiente manera, las llantas nuevas se instalan en el eje delantero siendo estas las posiciones uno y dos, las que estuvieron en estas posiciones se rotan a las posiciones tres y cuatro y las que estuvieron en estas posiciones se rotan a las posiciones cinco y seis.

- Al instalar las llantas nuevas se toman sus datos como: código de llantas, medida de la llanta, presión, hodómetro, kilometraje, tamaño de cocada y fecha de instalación.

Se inicia la inspección de las vías de acarreo, áreas de carguío, lugar de descarga (botaderos o zonas de almacenaje), para luego informar al supervisor de turno para sus respectivas correcciones.

Charlas a los operadores de forma constante por el supervisor de llantas y supervisor de Bridgestone, para el cuidado y daños más comunes a las llantas.

Seguimiento constante a la presión, temperatura y posibles cortes de los neumáticos al iniciar y finalizar la guardia de trabajo.

Se observa la ubicación de la carga y su capacidad de carga que no exceda el máximo permitido.

Un muestreo mensual para revisar el remanente o cocada residual del mes para una posible rotación por alcanzar la cantidad adecuada de desgaste para cada posición del neumático

Se organiza los datos encontrados en cada inspección y se hace la estadística para la base de datos de los neumáticos en gabinete.

3.7. Método de análisis de datos

Para el análisis de los datos se llevará a cabo mediante los siguientes indicadores:

La información que se recopilara con las técnicas anteriores es de carácter cuantitativo, para la cual será necesario utilizar los siguientes programas mencionados a continuación, con los cuales encontraremos parámetros que nos ayuden en el desarrollo de los objetivos planteados.

- **Software de monitoreo de neumáticos de camión minero (TAS)**, el cual nos permite conocer la presión y temperatura del neumático en tiempo real.
- Microsoft Word.
- El procesamiento electrónico se realizó a través del Programa IBM SPSS Versión 21 y Microsoft Excel para Windows, cuya finalidad fue la de generar una base de datos.

Para estimar la relación entre las variables se utilizó la Prueba T- de student, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.01$, con N-1 grados de libertad

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{\sigma_d}{\sqrt{N}}}$$

3.8. Aspectos éticos

Para este trabajo de investigación se considerará algunos aspectos éticos como el respeto a la propiedad intelectual en este caso por parte de la

empresa que pondrá a disposición las maquinarias, el respeto a la ideología y políticas de la empresa donde actualmente se realizará la investigación.

Para aplicar el instrumento de recolección de datos se procurará obviar, la susceptibilidad de las personas que participaran en el presente estudio, respetando su privacidad y protegiendo su identidad de los colaboradores, y además se pretende proporcionar datos de los resultados obtenidos que sean confiables y veraces.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar las condiciones de operación del neumático en el camión Caterpillar 793D; en la realización de sus actividades de acarreo y traslado en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.

Las condiciones de operación que se tuvo en cuenta para determinar su influencia en el desgaste de los neumáticos fueron: presión, temperatura, posición y rotación del neumático.

Los resultados de las pruebas echas se detallan a continuación ya que para los análisis efectuados se ha realizado de acuerdo a los parámetros dados por el fabricante

De las muestras experimentales tomadas a los neumáticos en las posiciones 1, 2, 3-4, 5-6; se obtuvieron análisis en presión y temperatura del neumático, medida de cocada y con siguiente la rotación de estos. Los cuales se muestran en los gráficos siguientes.

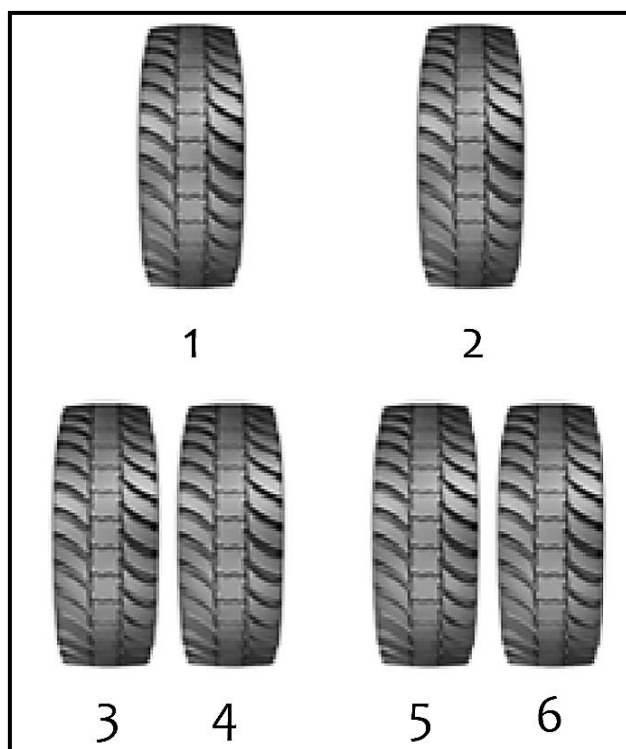


Figura 09. Vista superior de los neumáticos y su numeración.

- 4.2. Efectuar la medición de las condiciones de operación (temperatura, presión, rotación) del camión Caterpillar 793D, para establecer sus valores reales de operación.

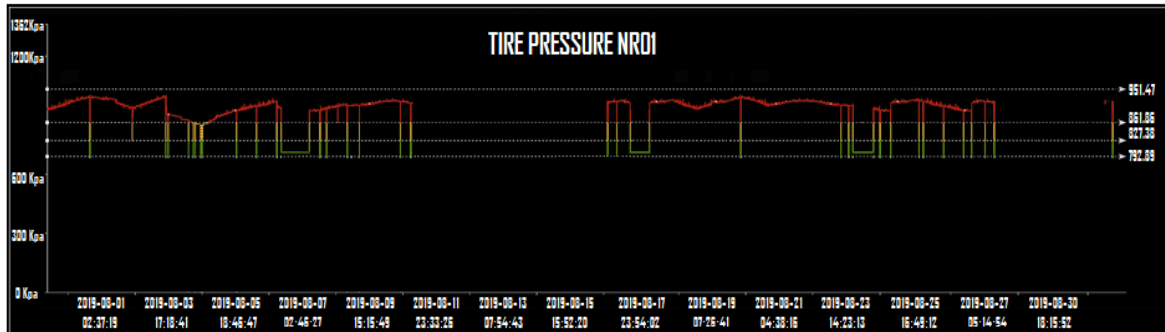


Figura 10. Medida de presión de neumático

Interpretación.

En el gráfico se aprecia la presión en tiempo real del neumático 1, que el día uno la presión está en 920 kpa, teniendo picos de presión en los días tres (941kpa), nueve (924kpa), veinticinco (931kpa) y el día veintisiete 926 kpa; también, se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

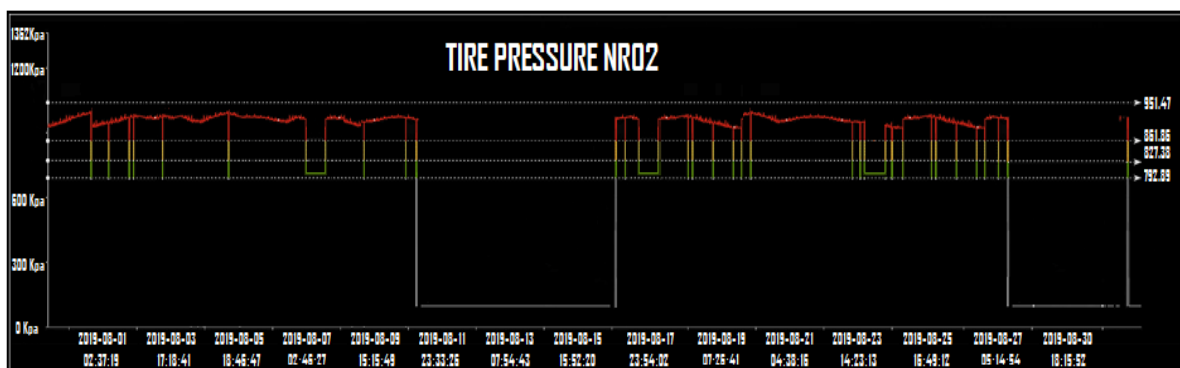


Figura 11. Medida de presión de neumático NRO 2

Interpretación.

En el gráfico se aprecia la presión en tiempo real del neumático 2, que el día uno la presión está en 942 kpa, teniendo picos de presión en los días dieciocho (925kpa), veinte (935kpa) y el día veinticinco (931kpa); también,

se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

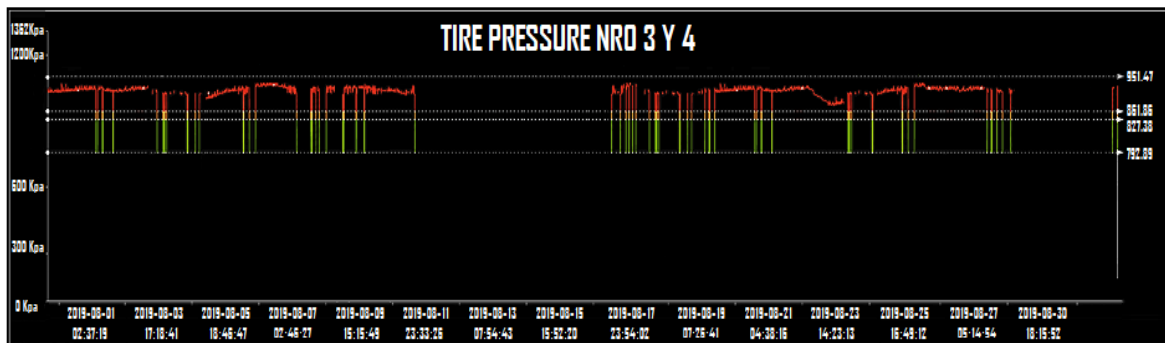


Figura 12. Medida de presión de neumático NRO 3 y 4

Interpretación.

En el gráfico se aprecia la presión en tiempo real de los neumáticos 3 y 4, que el día uno la presión promedio está en 932 kpa, teniendo picos de presión promedio en los dos neumáticos en los días cinco (921kpa), seis (936kpa), ocho (928kpa) y el día veintitrés 936kpa; también, se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

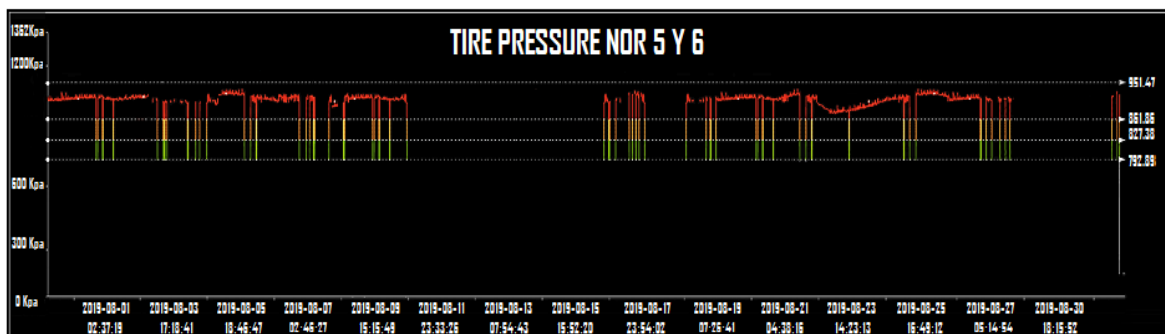


Figura 13. Medida de presión de neumático NRO 5 y 6

Interpretación.

En el gráfico se aprecia la presión en tiempo real de los neumáticos 5 y 6, que el día uno la presión promedio está en 932 kpa, teniendo picos de presión promedio en los dos neumáticos en los días cinco (939kpa), seis

(928kpa), dieciocho (925kpa) y el día veinticinco 934kpa; también, se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

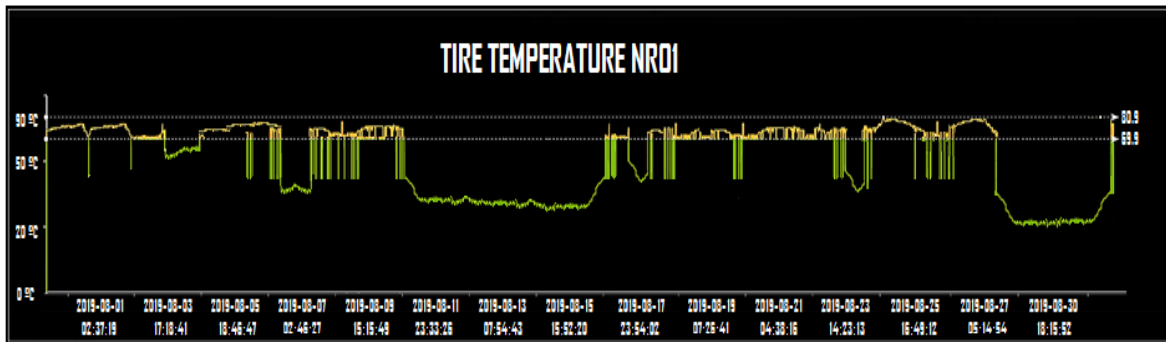


Figura 14. Medida de temperatura de neumáticos NRO 1

Interpretación.

En el gráfico se aprecia la temperatura en tiempo real del neumático 1, que el día uno la temperatura está en 76°C, teniendo picos de temperatura en los días tres (78°C), seis (77°C), veinticuatro (78.7°C) y el día veintisiete (78.8°C); también, se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

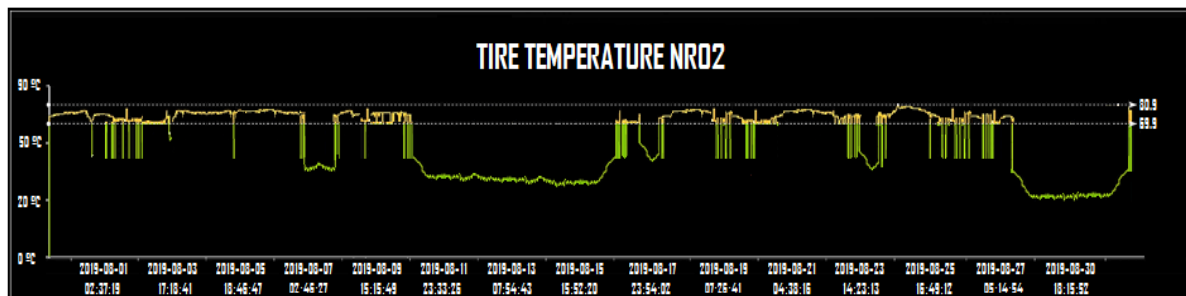


Figura 15. Medida de temperatura de neumáticos NRO 2

Interpretación.

En el gráfico se aprecia la temperatura en tiempo real del neumático 2, que el día uno la temperatura está en 78°C, teniendo picos de temperatura en los días dieciocho (77.1°C), veinte (78.2°C) y el día veinticinco (77.2°C); también, se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

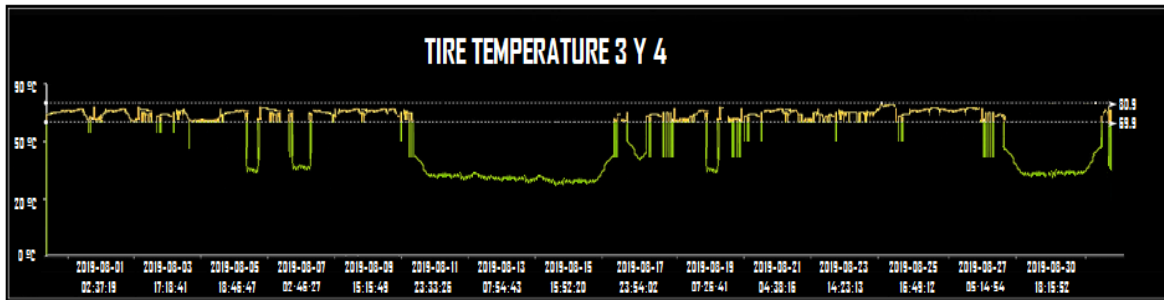


Figura 16. Medida de temperatura de neumáticos NRO 3 y 4

Interpretación.

En el gráfico se aprecia la temperatura en tiempo real de los neumáticos 3 y 4, que el día uno la temperatura promedio está en 78°C, teniendo picos de temperatura promedio en los dos neumáticos en los días cinco (75.4°C), seis (75.7°C), ocho (75.7°C) y el día veintitrés 76.7°C; también, se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

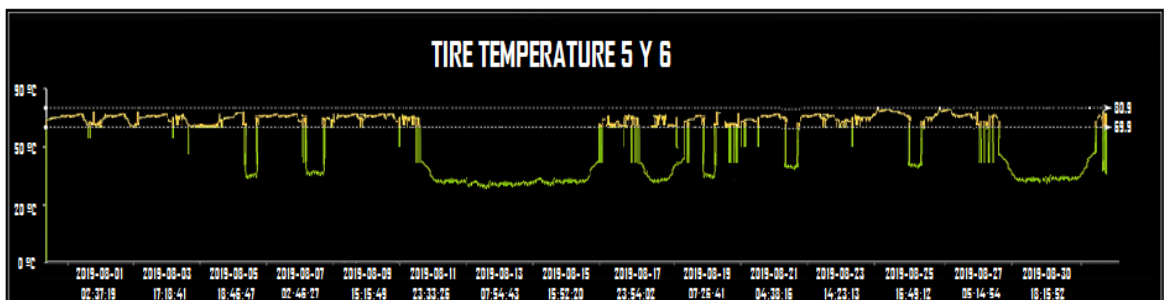


Figura 17. Medida de temperatura de neumáticos NRO 5 y 6

Interpretación.

-En el gráfico se aprecia la temperatura en tiempo real de los neumáticos 5 y 6, que el día uno la temperatura promedio está en 78.7°C, teniendo picos de temperatura promedio en los dos neumáticos en los días seis (76.4°C), veinticuatro (77.2°C), veinticinco (78.0°C) y el día veintiséis 78.2°C; también, se muestra días en los que no se tomó medidas por mantenimiento del camión.

4.3. Determinar el desgaste del neumático (medida de cocada) del camión Caterpillar 793D en la realización de sus actividades de carguío y traslado en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L.

Tabla 01. *Control del neumático en posición 1*

HOJA DE CONTROL NEUMÁTICO 1

Fecha	Horas de trabajo	Presión (Kpa)	Temperatura (°C)	Cocada (mm)	Posición
27/07/2019	0	792	26	83	1
1/08/2019	102	920	76	81.47	1
2/08/2019	123	892	70.4		1
3/08/2019	144	941	80.69	80.69	1
4/08/2019	165	862	62		1
5/08/2019	185	880	72	80.22	1
6/08/2019	204	910	77		1
7/08/2019	223	895	69	79.21	1
8/08/2019	244	913	71.4		1
9/08/2019	264	924	72.3	79.05	1
10/08/2019	286	830	68		1
11/08/2019	303	892	67	78.15	1
16/08/2019	321	860	68.7		1
17/08/2019	341	898	67.5	77.88	1
18/08/2019	361	925	75.4		1
19/08/2019	382	896	70.6	76.89	1
20/08/2019	404	928	78		1
21/08/2019	424	915	73.8	76.64	1
22/08/2019	445	926	74.6		1
23/08/2019	462	897	51	76.07	1
24/08/2019	484	930	78.7		1
25/08/2019	503	931	75.2	74.34	1
26/08/2019	524	903	70.3		1
27/08/2019	541	926	78.8	73.44	1
Fecha de instalación neumático	27/07/2019	Medida de cocada en su instalación	83	Promedio de desgaste medido	77.48
Desgaste del neumático por mes	9.84	Desgaste del neumático en la posición	27.5		
horas finales del neumático en la posición	1727	cocada del neumático al rotar	55.5		

Fuente: elaboración propia, 2020

En la tabla 3, se muestra el desgaste del neumático en la posición 1, teniendo como días de mayor desgaste al día siete (1.01mm) y el día veinticinco (1.73mm); además del desgaste del neumático en el mes en dicha posición (9.84mm), por otro lado, las horas finales del neumático en la posición 1.

Tabla 02. Control de neumático en posición 2.

HOJA DE CONTROL NEUMÁTICO 2					
Fecha	Horas de trabajo	Presión (Kpa)	Temperatura (°C)	Cocada (mm)	Posición
27/07/2019	0	792	26	83	2
1/08/2019	102	942	78	81.47	2
2/08/2019	123	911	72.2		2
3/08/2019	144	912	72.5	80.7	2
4/08/2019	165	893	75		2
5/08/2019	185	891	75	80.22	2
6/08/2019	204	887	74.7		2
7/08/2019	223	898	68	79.21	2
8/08/2019	244	902	74.8		2
9/08/2019	264	905	76	79	2
10/08/2019	286	908	77		2
11/08/2019	303	890	68	78.15	2
16/08/2019	321	903	72.1		2
17/08/2019	341	901	68.4	77.88	2
18/08/2019	361	925	77.1		2
19/08/2019	382	898	72	76.9	2
20/08/2019	404	935	78.2		2
21/08/2019	424	915	76.8	76.64	2
22/08/2019	445	921	75.4		2
23/08/2019	462	897	73	76.07	2
24/08/2019	484	889	75		2
25/08/2019	503	931	77.2	74.34	2
26/08/2019	524	912	74		2
27/08/2019	541	910	75	73.44	2
Fecha de instalación neumático	27/07/2019	Medida de cocada en su instalación	83	Promedio de desgaste medido	77.88
Desgaste del neumático por mes	9.86	Desgaste del neumático en la posición	27.5		
Horas finales del neumático en la posición	1724	Cocada del neumático al rotar	55.5		

Fuente: elaboración propia, 2020

Interpretación.

En la tabla 4, se muestra el control de desgaste del neumático en la posición 2; teniendo como días de mayor desgaste al día veinticinco (1.64mm), además del desgaste del neumático en el mes (9.86mm), además del desgaste del neumático en la posición (27.5mm) y las horas finales en la misma (1724h).

Tabla 03. Control de los neumáticos en posición 3 y 4.

HOJA DE CONTROL NEUMÁTICO 3					
Fecha	Horas de trabajo	Presión (Kpa)	Temperatura (°C)	Cocada (mm)	Posición
27/07/2019	0	792	26	56.34	3
1/08/2019	102	932	78	55.58	3
2/08/2019	123	920	72.4		3
3/08/2019	144	911	74.2	55.26	3
4/08/2019	165	904	70.9		3
5/08/2019	185	921	75.4	54.93	3
6/08/2019	204	936	75.7		3
7/08/2019	223	897	69	54.65	3
8/08/2019	244	928	75.7		3
9/08/2019	264	918	76	54.36	3
10/08/2019	286	917	74.9		3
11/08/2019	303	873	67	54	3
16/08/2019	321	921	73.5		3
17/08/2019	341	876	66	53.68	3
18/08/2019	361	925	78		3
19/08/2019	382	892	75.7	53.48	3
20/08/2019	404	916	74.2		3
21/08/2019	424	914	76.1	53.26	3
22/08/2019	445	921	75		3
23/08/2019	462	936	76.7	52.88	3
24/08/2019	484	904	77		3
25/08/2019	503	919	74.5	52.57	3
26/08/2019	524	933	75.2		3
27/08/2019	541	931	73.4	52.28	3
Fecha de instalación neumático	27/07/2019	Medida de cocada en su instalación	56.34	Promedio de desgaste medido	53.94
Desgaste del neumático por mes	4.4	Horas recorridas antes de su instalación	1727	Horas finales del neumático en la posición	4257
Horas finales del neumático en la posición	2530	Cocada del neumático al rotar	37.84		

HOJA DE CONTROL NEUMÁTICO 4					
Fecha	Horas de trabajo	Presión (Kpa)	Temperatura (°C)	Cocada (mm)	Posición
27/07/2019	0	792	26	56.34	4
1/08/2019	102	931	78	55.59	4
2/08/2019	123	921	72.3		4
3/08/2019	144	912	74	55.27	4
4/08/2019	165	904	70.7		4
5/08/2019	185	920	75.2	54.97	4
6/08/2019	204	935	75.6		4
7/08/2019	223	902	70	54.69	4
8/08/2019	244	925	75.4		4

9/08/2019	264	920	75.8	54.39	4
10/08/2019	286	917	75		4
11/08/2019	303	874	66	54.1	4
16/08/2019	321	923	73.4		4
17/08/2019	341	889	67.2	53.82	4
18/08/2019	361	923	77.9		4
19/08/2019	382	893	75.6	53.51	4
20/08/2019	404	914	74		4
21/08/2019	424	915	75.9	53.2	4
22/08/2019	445	919	75		4
23/08/2019	462	937	76.7	52.92	4
24/08/2019	484	905	77.1		4
25/08/2019	503	917	74.3	52.62	4
26/08/2019	524	933	75.1		4
27/08/2019	541	932	73.4	52.34	4

Fecha de instalación neumático	27/07/2019	Medida de cocada en su instalación	56.34	Promedio de desgaste medido	53.98
Desgaste del neumático por mes	4.34	Horas recorridas antes de su instalación	1724	Horas finales del neumático al rotar	4289
Horas finales del neumático en la posición	2565	Cocada del neumático al rotar	38.34		

Fuente: elaboración propia, 2020

Interpretación.

En la tabla 5, se muestra el control de los neumáticos en las posiciones 3 y 4 respectivamente; teniendo entre (0.20mm – 0.32mm) por día; teniendo un desgaste en la posición 3 de (4.40mm) y en la posición 4 de (4.34mm); siendo rotados de posición a las 4257h y 4289h respectivamente.

Tabla 04. Control de los neumáticos en posición 5 y 6

HOJA DE CONTROL NEUMÁTICO 5					
Fecha	Horas de trabajo	Presión (Kpa)	Temperatura (°C)	Cocada (mm)	Posición
27/07/2019	0	792	26	37.62	5
1/08/2019	102	932	78.7	36.86	5
2/08/2019	123	929	72.3		5
3/08/2019	144	919	75.4	36.54	5
4/08/2019	165	927	71		5
5/08/2019	185	939	76	36.23	5
6/08/2019	204	928	76.4		5
7/08/2019	223	901	72	35.95	5
8/08/2019	244	922	74.2		5
9/08/2019	264	924	74.4	35.64	5
10/08/2019	286	925	73.5		5
11/08/2019	303	870	64	35.35	5
16/08/2019	321	907	74.7		5
17/08/2019	341	890	66.8	35.1	5
18/08/2019	361	925	76.3		5
19/08/2019	382	919	73.2	34.76	5
20/08/2019	404	922	73.1		5
21/08/2019	424	917	75.4	34.44	5
22/08/2019	445	924	75.1		5
23/08/2019	462	878	73.7	34.16	5
24/08/2019	484	915	77.2		5
25/08/2019	503	934	78	33.85	5
26/08/2019	524	909	78.2		5
27/08/2019	541	912	77.8	33.56	5
Fecha de instalación neumático	27/07/2019	Medida de cocada en su instalación	37.62	Promedio de desgaste medido	35.23
Desgaste del neumático por mes	4.39	Horas recorridas antes de su instalación	4450	Límite de desgaste del neumático	18.38
Horas finales del neumático en la posición	2533	Horas de vida útil del neumático	6984		

HOJA DE CONTROL NEUMÁTICO 6					
Fecha	Horas de trabajo	Presión (Kpa)	Temperatura (°C)	Cocada (mm)	Posición
27/07/2019	0	792	26	38.0	6
1/08/2019	102	933	78.7	37.2	6
2/08/2019	123	930	72.3		6
3/08/2019	144	920	76.4	36.9	6
4/08/2019	165	927	71.2		6
5/08/2019	185	940	76	36.6	6
6/08/2019	204	927	76.5		6
7/08/2019	223	905	71	36.3	6
8/08/2019	244	923	74.4		6
9/08/2019	264	925	74.3	36	6

10/08/2019	286	924	73.5		6
11/08/2019	303	875	65	35.7	6
16/08/2019	321	908	75.7		6
17/08/2019	341	892	67	35.4	6
18/08/2019	361	927	76.3		6
19/08/2019	382	920	73.1	35.1	6
20/08/2019	404	923	73		6
21/08/2019	424	917	75	34.8	6
22/08/2019	445	925	75.1		6
23/08/2019	462	878	73.7	34.5	6
24/08/2019	484	913	77.2	}	6
25/08/2019	503	932	78	34.2	6
26/08/2019	524	911	78.2		6
27/08/2019	541	913	77.8	33.9	6
Fecha de instalación neumático	27/07/2019	Medida de cocada en su instalación	37.97	Promedio de desgaste medido	35.58
Desgaste del neumático por mes	4.4	Horas recorridas antes de su instalación	4289	Límite de desgaste del neumático	18.1
horas finales del neumático en la posición	2530	Horas de vida útil del neumático	6819		

Fuente: elaboración propia, 2020

Interpretación.

En la tabla 6, se muestra el control de los neumáticos en las posiciones 5 y 6 respectivamente; teniendo entre (0.28mm – 0.33mm) por día; teniendo un desgaste en la posición 5 de (4.395mm) y en la posición 6 de (4.40mm); teniendo una vida útil de 6984 h y 6819 h respectivamente.

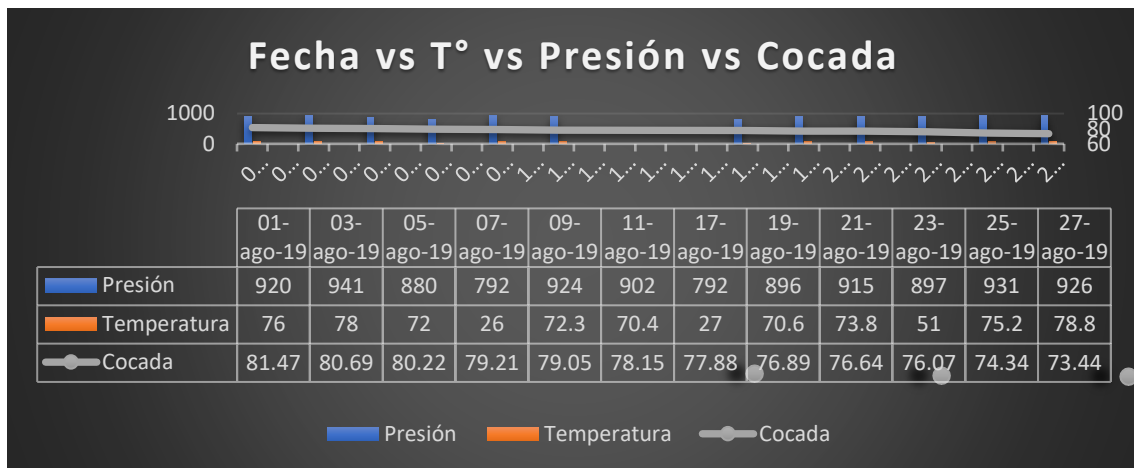


Figura 18. Influencia de la presión y temperatura en la medida de cocada de los neumáticos 1 y 2

Fuente: elaboración propia

En la figura 17, se muestra la influencia de las condiciones de operación del camión 793D en el desgaste de neumáticos, evidenciándose que a una temperatura de 78° aumenta la presión a 941kpa y se produce un desgaste de 0.78mm, por el contrario, a una temperatura de 72°, la presión está a 880kpa y se produce un desgaste de 0.47mm.

4.4. Calcular el tiempo de vida útil de un neumático del camión Caterpillar 793D al realizar sus actividades de acarreo y traslado en la empresa Ruiz Maquinarias E, I, R, L,

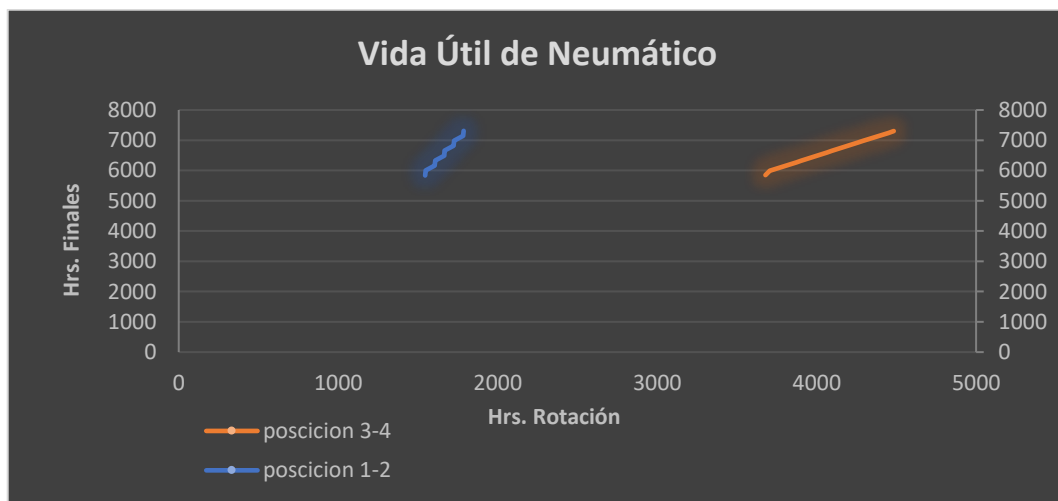


Figura 19. Tiempo de vida útil de un neumático según horas de rotación en las posiciones 1,2,3 y 4

Interpretación.

En la figura 18 se muestra el tiempo de vida útil de un neumático del camión 973D, al realizar sus actividades de traslado y acarreo. Rotando los neumáticos de la posición 1 y 2 entre las 1545 h y 1787 h r, se tendrá una vida útil de 5837 h a 7310 h. por otro lado, si rotamos los neumáticos de las posiciones 3 y 4 entre las 3679 h y 4483 h se tendrá una vida útil entre 5849 h y 7304 h.

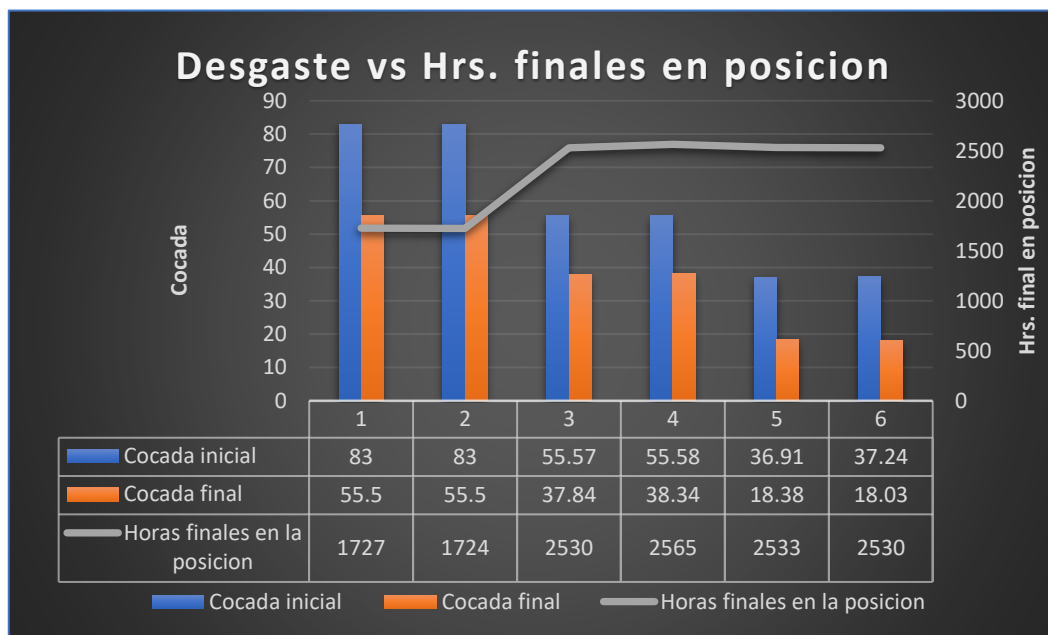


Figura 20. Desgaste vs Horas finales en posición

En la figura 19 se muestra el límite de desgaste del neumático en cada posición según sus horas de trabajo.

4.5. Resultados de la Prueba t de Student mediante SPSS:

a. Mediciones para comparar y las correlaciones de estas

Tabla 05. Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Inicio	58,55	6	20,667	8,437
Final	37,27	6	16,692	6,815

Fuente: elaboración propia, 2020

Tabla 06. *Correlaciones de muestras emparejadas*

	N	Correlación	Sig.
Inicio & Final	6	0,989	0,00019

Fuente: elaboración propia, 2020

b. Prueba estadística t de Student**Tabla 07.** *Prueba de muestras emparejadas*

Diferencias emparejadas (inicio y final)					T	g.l.	Sig. (bilateral) p-value
Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			Inferior	Superior			
21,29	4,86	1,98	16,184	26,386	10,726	5	0,00012

Fuente: elaboración propia, 2020

Decisión:

Como t es de 10,726, con 5 grados de libertad y tiene un valor de p menor de 0,01 ($p < 0,01$), entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), con 99% de confiabilidad.

H_1 : El desgaste del neumático disminuye al final de las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D, existiendo diferencias significativas entre el inicio y el final.

Interpretación:

El desgaste del neumático disminuye al final de las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D, por la influencia de las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D. Por lo tanto, se cumple la hipótesis de la investigación: Las condiciones de operación del camión Caterpillar 793D influyen en el desgaste del neumático en el proceso de carguío y acarreo en la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L. – Cajamarca.

V. DISCUSIÓN

- Al analizar el efecto de la presión y temperatura de los neumáticos del camión 793D, con el monitoreo del programa TPMS notamos en la Figura 09 y Figura 10, lo siguiente: la influencia de la temperatura fluctuó en los límites permisibles ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $80\text{ }^{\circ}\text{C}$), con una variación dispersa en su calor afectando minuciosamente en el deterioro y/o desgaste del neumático, como también en el aumento de presión del neumático en posición 1; no obstante, este se mantuvo con una ligera variación de su presión (948,23 Kpa – 792,89 Kpa).

Estos datos efectúan un cambio en el desgaste de los neumáticos, como lo podemos corroborar en la Tabla 3, en la cual se muestra que la relación de presión, temperatura, posición del neumático y trabajo realizado nos da un desgaste de 0,015 mm/hora, un desgaste de 9.84 mm/mes; determinando que el neumático tendría una mejor factibilidad en su desempeño con una rotación promedio de 1727 horas, con un desgaste de 27,52 mm en dicha posición, manteniendo una medida de cocada de 55.5 para su rotación a otra posición.

- Al interpretar el estudio de efectos de presión y temperatura de los neumáticos en el camión 793D, con el monitoreo del programa TPMS notamos en la Figura 11 y Figura 12, lo siguiente: la influencia de la temperatura fluctuó en los límites permisibles ($72\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $80\text{ }^{\circ}\text{C}$), con una variación dispersa en su calor afectando minuciosamente en el deterioro y/o desgaste del neumático, como también en el aumento de presión del neumático en posición 2; no obstante, este se mantuvo con una ligera variación de su presión (948,14 Kpa – 794,56 Kpa).

Estos datos efectúan un cambio en el desgaste de los neumáticos, como lo podemos corroborar en la Tabla 4, en la cual se muestra que la relación de presión, temperatura, posición del neumático y trabajo realizado nos da un desgaste de 0,017 mm/hora, un desgaste de 9.86 mm/mes; determinando que el neumático tendría una mejor factibilidad en su desempeño con una rotación a la 1724 horas, con un desgaste de 27.52

mm en dicha posición, manteniendo una medida de cocada de 55.51 para su rotación a otra posición.

- Con la obtención de los análisis de efectos de presión y temperatura de los neumáticos del camión 793D, con la utilización de monitoreo del programa TPMS notamos en la Figura 13 y Figura 14, lo siguiente: la influencia de la temperatura fluctuó en los límites permisibles (72 °C – 80 °C), con una variación dispersa en su calor afectando minuciosamente en el deterioro y/o desgaste del neumático, como también en el aumento de presión del neumático en posición 3 y 4; no obstante, este se mantuvo con una ligera variación de su presión (934, Kpa – 785,42 Kpa).

Estos datos efectúan un cambio en el desgaste de los neumáticos, como lo podemos comprobar en la Tabla 5 , en la cual se muestra que la relación de presión, temperatura, posición del neumático y trabajo realizado del neumático 3 nos da un desgaste de 0,0076 mm/hora, un desgaste de 4,40 mm/mes; determinando que el neumático tendría una mejor factibilidad en su desempeño con una rotación a la 4257 horas, con un desgaste de 18.5 mm en dicha posición, manteniendo una medida de cocada de 37,84 mm para su rotación a otra posición.

Los antecedentes dados en el desgaste de los neumáticos como se aprecia en la Tabla 5, la cual muestra una relación entre presión, temperatura, posición del neumático y trabajo efectuado del neumático 4 nos da un desgaste de 0,0074 mm/hora, un desgaste de 4,34 mm/mes; determinando que el neumático tendría un mejor desempeño con una rotación a las 4289 horas, con un desgaste de 18,0 mm en dicha posición, manteniendo una medida de cocada de 38.34 mm para su rotación a otra posición.

- De los datos obtenidos del análisis de efectos de presión y temperatura de los neumáticos del camión 793D, con la utilización de monitoreo del programa TPMS notamos en la Figura 15 y Figura 16, lo siguiente: la influencia de la temperatura fluctuó en los límites permisibles (72 °C – 80 °C), con una variación dispersa en su calor afectando minuciosamente en el deterioro y/o desgaste del neumático, como también en el aumento de

presión del neumático en posición 5 y 6; no obstante, este se mantuvo con una ligera variación de su presión (934, Kpa – 785,42 Kpa).

Estos datos efectúan un cambio en el desgaste de los neumáticos, como lo podemos comprobar en la Tabla 6 , en la cual se muestra que la relación de presión, temperatura, posición del neumático y trabajo realizado del neumático 5 nos da un desgaste de 0,007 mm/hora, un desgaste de 4.39 mm/mes; determinando que el neumático expira su vida útil a las 6984 horas, con un desgaste de 19.24 mm en dicha posición, mantenimiento una medida de cocada de 18,38 para un cambio de neumático.

Los antecedentes dados en el desgaste de los neumáticos como se aprecia en la Tabla 6, la cual muestra una relación entre presión, temperatura, posición del neumático y trabajo efectuado del neumático 6 nos da un desgaste de 0,0071 mm/hora, un desgaste de 4.40 mm/mes; determinando que el neumático expira su vida útil a las 9819 horas, con un desgaste de 19.94 mm en dicha posición, manteniendo una medida de cocada de 18,03 para un cambio de neumático.

- Con la obtención del análisis de la influencia de presión y temperatura de los neumáticos del camión 793D, notamos en la Figura 17, que al haber un aumento de la temperatura como en el día 27 de 78.8° se incrementó la presión en el neumático 1 a 926 kpa, dando como resultado un incremento en el desgaste llegando a 1.1 mm; por el contrario cuando la temperatura estaba bajo los 75° la presión se mantenía menos de 925 kpa teniendo un desgaste menor a 0.9 mm entre cada medida; teniendo estos resultados concordancia con los hallados por Puiggrós que en su estudio de 2016 encontró que los factores que influyen en el desgaste de las cubiertas son: presión de aire incorrecta, sometimiento a altas temperaturas, calzada irregular, sobrecarga, daños por impactos, fuego, líquidos corrosivos y demás condiciones mecánicas y de la conducción. Lo cual nos indica que a mayor temperatura hay un aumento de presión, lo que nos lleva a un mayor desgaste y una rotación prematura de posición.
- Con la obtención del análisis de las condiciones de operación y el desgaste de los neumáticos del camión 793D en sus actividades de

traslado y acarreo, notamos que en la figura 18, al rotar los neumáticos de la posición 1 y 2 entre 1545 horas y 1787 horas, se tendrá una vida útil entre 5837 horas a 7310 horas.

Por otro lado, si rotamos los neumáticos de la posición 3 y 4 entre 3679 horas y 4483 horas, se tendrá una variación de vida útil entre 5849 horas y 7304 horas.

- En la figura 19 se observa la relación del desgaste en la cocada según las horas de trabajo que realiza en cada posición teniendo un mayor desgaste en las posiciones 1 y 2, con un menor número de horas trabajadas; a medida que cambia de posición hay menor desgaste, pero el tiempo en horas de trabajo se alarga; esto tiene relación con los datos proporcionados por el fabricante el cual nos dice que en las posiciones 1 y 2 el neumático tiene un desgaste superior de un 25% con relación a las otras posiciones de trabajo; ya que estos van montados de manera individual.

VI. CONCLUSIONES

- Las condiciones de operación si influyen en el desgaste de los neumáticos del camión Caterpillar 793D, Con $t = 10,726$, con 5 grados de libertad y tiene un valor de p menor de 0,01 ($p < 0,01$), con 99% de confiabilidad.
- Al analizar las lecturas de medición de las condiciones de operación, se determinó que en las posiciones 1 y 2 los neumáticos tienen un desgaste superior de un aproximado del 25 % a las posiciones 3 - 4, 5 – 6; de esta manera se determinó que la rotación en la posición 1 y 2 debe ser entre 1724 horas y 1727 horas, en la posición 3 – 4 la rotación debe ser entre 4257 horas y 4289 horas, para las posiciones 5 – 6 se determinó las horas de vida útil del neumático las cuales fluctúan entre 6984 horas y 7304 horas de vida útil.
- Al determinar el desgaste del neumático, se logró determinar el desgaste mensual en la posición 1 es de 9.84 mm, posición 2 de 9.86 mm, posición 3 de 4.4 mm, posición 4 de 4.34 mm, posición 5 de 4.39 mm y la 6 de 4.4 mm. Además, del desgaste limite en cada una de las posiciones.
- El tiempo de vida útil de un neumático del camión Caterpillar 793D al realizar sus actividades de acarreo y traslado es entre 6819 horas y 6984 horas.
- Finalmente, se determinó que la aplicación y control de monitoreo TMPS aplicado al seguimiento de los neumáticos del camión minero 793D, apporto con los parámetros de presión y temperatura para lograr el correcto seguimiento, para identificar el mayor desgaste del neumático condiciones de trabajo a través de los parámetros previstos.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los neumáticos no deben sobrepasar el límite máximo de temperatura y presión, de esta manera no afectar al neumático generando un desgaste prematuro.
- Se puede lograr profundizar un análisis más generalizado respecto al control de desgaste de los neumáticos con respecto a las condiciones de operación que realiza.
- Capacitar al personal del área de mantenimiento y llantería, para realizar las correctas mediciones de las cocadas de los neumáticos y analizar e interpretar las lecturas de los flujos de los sensores del sistema de control TPMS para dar seguimiento continuo a los neumáticos y lograr alargar su vida útil.
- Efectuar un análisis con las horas de trabajo, horas finales para mejorar la rotación de los neumáticos en las diferentes posiciones.
- Se recomienda a la gerencia general implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los neumáticos 40R57, para lograr así alargar la vida útil de los neumáticos; manteniendo un control y diagnóstico para estos mismos.
- Se recomienda al área de mantenimiento realizar un diagnóstico de desgaste con los parámetros de condiciones climáticas, distribución de carga y tipo de terreno; para determinar que factor influye más en el desgaste de los neumáticos de camión minero 40R57.
- Realizar un análisis de desgaste para los neumáticos de motoniveladora 24M, utilizando parámetros observados en el tipo de trabajo que realiza el equipo, con un neumático 29.5R29.

REFERENCIAS

Bridgestone. (2020). *Bridgestone*. Obtenido de Bridgestone: <https://www.cambiatullanta.com.pe/neumaticos/bridgestone>

Elard Leonel Vargas Cueto, A. H. (2014). *Sistema de Informacion para Monitoreo de neumaticos del area de despacho (Dispach), en una Compañia Minera*. Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima - Peru : COMTEL. Obtenido de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/694/COMTEL-2014-Paper11.pdf?sequence=1>

Puiggrós, C. D. (Marzo de 2016). Cálculo del Porcentaje de Conservación y Desgaste en Neumáticos. (R. Skopein, Entrevistador)

Rollier, M. (2017). *Michelin Perú*. Obtenido de Michelin Perú: <https://www.michelin.com.pe/>

HERAS, Carlos. 2010. Estudio del comportamiento dinámico de la banda de rodadura de un neumático [en línea]. España. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10785/PFC_Carlos_Heras_Barras.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BLANCO, Jhon, Robert. 2016. incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones caterpillar 797f en toromocho - chinalco Perú. [en línea]. Huancayo – Perú. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3636/Blanco%20Hinostroz%20a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DI RADO, Gustavo y PRESTA, Daniel y DEVINCENZI, Gustavo. Análisis de las Fuerzas que Actúan en la Interface Neumático Carretera. Modelos de Simulación de Aceleración. [en línea]. Argentina. 2013. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/4490/4420>

DAVILA, Ronald, Jesús. Planificación del mantenimiento preventivo para los neumáticos de la flota de camiones de la empresa de transportes rodrigo carranza. [en línea]. Trujillo – Perú. 2019. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13309/D%c3%a1vila%20Cipriano%2c%20Ronald%20Jes%c3%bas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reglamento técnico para neumáticos de automóvil, camión ligero, buses y camiones. [en línea].. [2005?]. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/2005/abril/ds016-2005-produce.pdf>

ANEXOS

Anexo 1 variables y su operacionalización

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente	Temperatura, Presion, Medida de cocada, Rotacion de neumaticos	Las condiciones normales o condiciones estándares de un camión minero, están normalizadas por el fabricante, las cuales son en su mayoría realizadas u controladas en un laboratorio antes de que el equipo entre en funcionamiento, siendo estas de una forma ideal	Los camiones mineros generalmente operan en condiciones extremas sometidos a grandes esfuerzos de carga y cambios climatológicos lo cual implica en muchos de los casos desgastes prematuros en los neumáticos	Control de temperatura, control de velocidad, volumen y peso de la carga, presión de inflado, tiempo de operación, temperatura, medida de cocada	Temperatura(°c) Velocidad(km/h) Volumen (m3) Peso(toneladas) Presión(psi) Trabajo (horas)
Dependiente	Desgaste del neumatico	La duración estimada de un neumático está basada generalmente en el correcto cumplimiento de las funciones para las cuales fue creada. Normalmente su duración se calcula en horas, por lo que reducir el desgaste del neumático, significa un aumento considerable en sus horas de duración	El desgaste de neumáticos en el área de operación del estudio se está controlando en base a los datos de fábrica. (Trabajo en horas de un neumático R63 – Bridgestone o Michelin)	Desgaste de neumaticos, hoas de trabajo	Disponibilidad del equipo, medida de cocada, horas de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2 Inflado normal por forma de los neumáticos

Capac. Pres (psi)	% aum. Cap.Pres (psi)	Cap. Llanta (TM)	CARGA (TM)	
102	0.00%	63	224	
104	2.00%	64	227.78	
106	4.00%	64	231.56	
107	5.00%	65	233.45	
108	6.00%	65	235.34	
110	8.00%	66	239.12	Presión actual llantas 40.00
112	10.00%	66	242.9	
114	12.00%	67	246.68	
116	14.00%	67	250.46	Presión limite de las llantas
118	16.00%	68	254.24	
120	18.00%	69	258.02	
121	18.40%	69	258.776	

Anexo 3 Información camión 793D

Medida	Temperatura (°c)	Valor TPKH (Ton – km/h)
40.00R57	22	1075
42/90R57	22	995
Medida	Presión frío (psi)	Presión caliente (psi)
40.00R57	115	125 – 135
46/90R57 & 42/90R57	100	125 – 130
Medida	Capacidad Carga (Ton)	Temperatura Exterior(°C)
40.00R57	60	65 – 70
42/90R57	53	65 - 70
Camion	Carga nominal (Ton)	
CAT793D	237	

PLAN PILOTO TAS CON TPMS

A continuación, se muestra el alcance definido para el presente piloto:

- Instalación del kit de TPMS en 1 camiones de la flota de carguío.
- Montaje de Hardware Receptor y sensores en los siguientes equipos:
 - En Ruiz Maquinarias E.I.R.L., se va a iniciar el proceso de instalación del Control Sense en un equipo nuevo. La instalación del piloto debe ser en paralelo a este.
 - Sensores instalados en los seis neumáticos.
- Recolección y visualización del TAS en el Health Sense
 - Configuraciones de las comunicaciones con el servidor del Health Sense.
 - Telemetría de los camiones con sensores instalados hacia la base de datos del Health Sense.
- Visualización de las variables recibidas.
 - TAS con el módulo para Control Screen:
 - Visualización del estado de presión, temperatura y batería de los neumáticos.
 - Alertas visuales para el operador en pantalla principal.
 - Ventana principal de TAS con alertas e indicadores.

ESQUEMA DE EQUIPOS DEL PILOTO EN FASE 1

El sistema cuenta con un receptor de radio instalado en el camión, por otra parte, en los 6 neumáticos estará instalados 6 sensores.

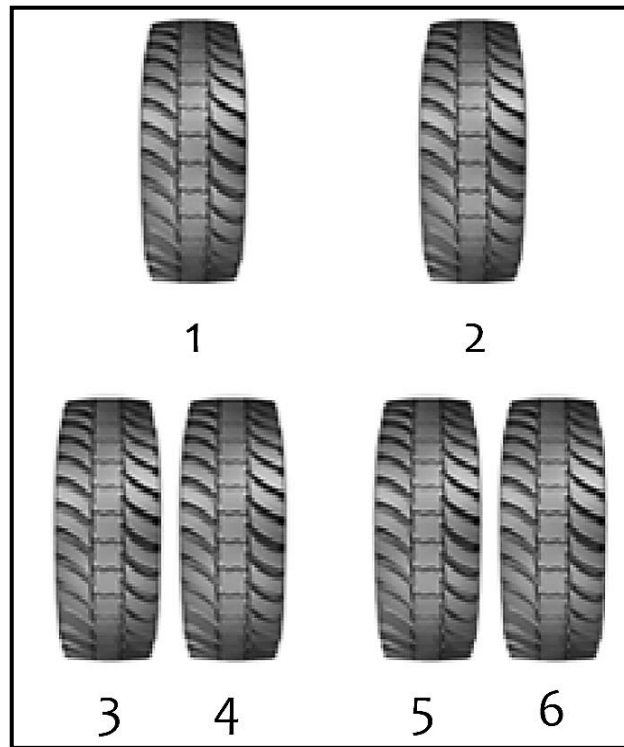


Figura 1 Vista superior de neumáticos y su enumeración

INSTALACIÓN DE PARCHES Y SENSORES EN NEUMÁTICOS

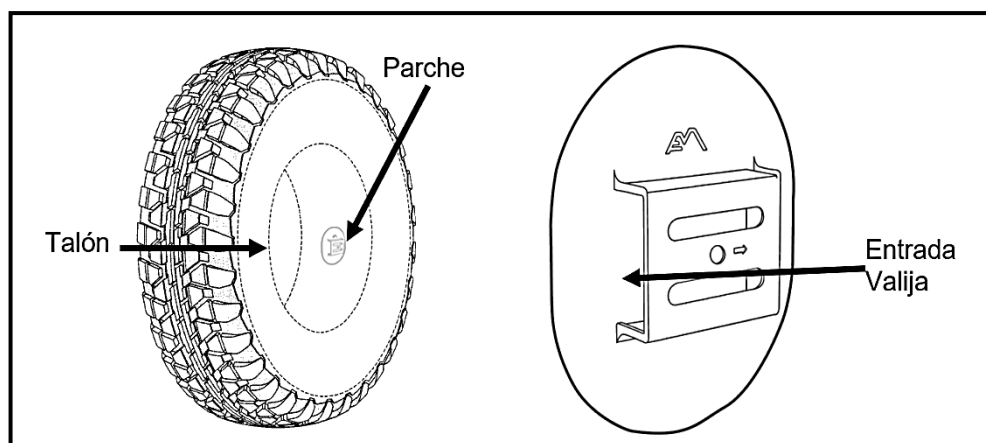


Figura 21. Partes del parche y neumático

INSTALACIÓN DE PARCHES Y SENSORES EN NEUMÁTICOS

El trabajo de pegado de parches será realizado por personal de mantenimiento de la empresa Ruiz Maquinarias E.I.R.L. - Cajamarca, bajo la supervisión de un personal neta calificado y especializado.

- a. Se recomienda como primera tarea anotar el número de serie del neumático, para poder llevar un correcto control.
- b. Los parches deberán ser instalados en la cara interior opuesta al número de serie del neumático.



Figura 22. Ubicación del parche

- c. Una vez identificada la posición en la que ir el parche, limpiar la zona para seguir con los pasos siguientes.
- d. Trazar la silueta del parche a instalar con tiza a 10 centímetros del Talón. El parche dibujado va en paralelo al talón con la entrada de la valija queda mirando hacia el talón.



Figura 23. Ubicación final del parche

- e. Raspar usando la turbina neumática de bajas revoluciones (4.000 RPM máximo) y la raspa de tungsteno de grano medio, hasta alcanzar nivel RMA 2, (3 también es aceptable).



Figura 24. Raspado en zona del parche

- f. Aplicar Cleaner Fluid para limpiar la zona raspada, utilizar escobilla de hilos metálicos (bronce o latón), con el fin de eliminar todo material suelto en la zona raspada.



Figura 25. Limpieza de zona del parche

- g. Aplicar el cemento autovulcanizante (Chemical Vulcanizing Fluid), en una capa delgada y bien esparcida desde el centro de la superficie raspada hasta los bordes.



Figura 26. Aplicación de cemento auto vulcanizante

- h. Colocar punto de referencia de cemento vulcanizante sobre el neumático. Esto se hace para saber en qué momento está listo el cemento para ser fijado el parche.
- i. El mejor momento para fijar el parche es cuando se logra tocar el punto de referencia sin que este se pegue al dedo. Siempre el cemento vulcanizante tiende a mostrarse seco cuando está listo para que el parche se junte.
- j. Esperar el tiempo de secado entre 2 y 5 minutos, dependiendo de la temperatura ambiente.
- k. Retire el protector del parche para dejar al descubierto el adhesivo químico y coloque este sobre el área con cemento vulcanizante.
- l. Primero se fija el parche usando una ruleta, presionando desde el centro hacia los bordes.
- m. Una vez asegurada la eliminación del aire intersticial del parche con la ruleta, se usa un martillo (también desde el centro hacia afuera), para terminar con la fijación.
- n. Esperar 20 minutos por la vulcanización de ambas partes.



Figura 27. Fijación de parche a neumático

INSTALACIÓN DE SENSORES

- o. Encender el sensor con el interruptor magnético. Se pasa rozando la superficie del sensor el imán magnético.
- p. Anotar la serie del sensor y el número de serie del neumático al cual ira instalado.



Figura 28. Asignación de sensor a número de serie de neumático

- q. Anotar la serie del sensor y el número de serie del neumático al cual ira instalado.
- r. Como último paso, se introduce el sensor en el parche. En la parte superior del sensor existe dos fijadores de posición que sirven de guía, cuando el parche calce con la forma del sensor se habrá instalado correctamente.
- s. Para mayor seguridad, en la entrada de la valija existe dos orificios simétricos opuestos que sirve para introducir un cintillo.



Figura 29. Sensor asegurado con cintillo

Instalación De Receptor Y Antena

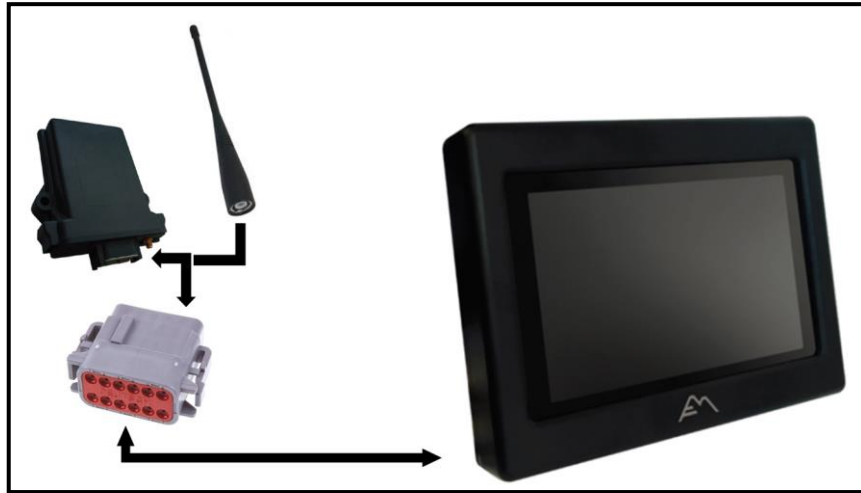


Figura 30. Componentes en la instalación del receptor

- t. Para mayor seguridad, en la entrada de la valija existe dos orificios simétricos opuestos que sirve para introducir un cintillo.
- u. El receptor se instalará en la parte posterior de la cabina del operado, se usará cinta de doble contacto, fijando este receptor en una de las paredes laterales como se muestra en la imagen.



Figura 31. Instalación de receptor

- v. La instalación de la antena del receptor se hará en la parte superior externa, lado derecho de la cabina del operador, utilizando dos imanes para fijar el soporte de la base la antena.



Figura 32. Fijación de soporte de antena

- w. El cableado de la antena al receptor se usará manguera corrugada de 1/4" y porta cintillos para fijar el cable, este deberá bajar hasta el orificio que brinda la cabina así poder llegar al receptor.



Figura 33. Cableado de antena hacia receptor

- x. El cable de datos va desde el conector Deutsch del receptor hasta llegar al interior de la cabina. Este cable se conecta al CAN0 de la ControlScreen, juntándose con el cable del inclinómetro por medio de un conector M12 Tipo T, el cual quedara debajo del tapiz de la parte superior de la cabina del operador.



Figura 34. Cableado de datos hacia ControlScreen

- y. Para la instalación del conector Deutsch del receptor se utilizará la siguiente configuración:

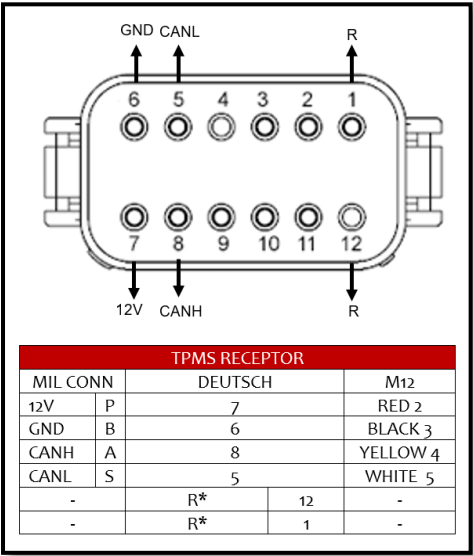


Figura 35. Pinout del conector Deutsch

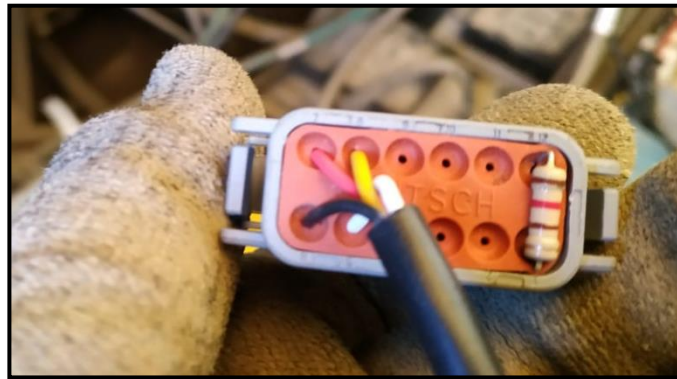
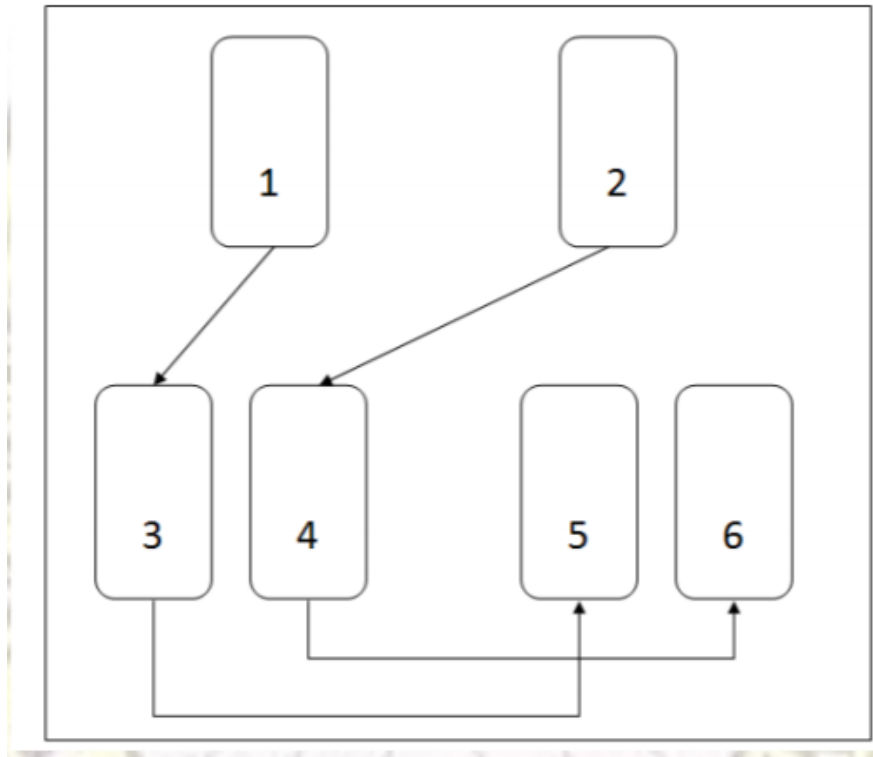


Figura 36. Conector Deutsch

Anexo 05: rotación y posiciones de los neumáticos



ANEXO 06

Prueba de normalidad por Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

Resultados de las pruebas de normalidad mediante el SPSS

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.(p-value)	Estadístico	gl	Sig.(p-value)
Inicio	0,204	6	0,200*	0,857	6	0,180
Final	0,224	6	0,200*	0,845	6	0,143

Si $p > 0,05$ los datos siguen una distribución normal, por lo tanto, se puede utilizar pruebas paramétricas como la prueba t de Student.